

マイクロ波帯小型高速性能通信用デバイスの開発

研究代表者 理工学研究部(工学) 坂上 岩太
非常勤研究員 ウリン トヤ

急峻な特性を持つ小型化されたリング型ローパスフィルタ (LPF)

本報告では、リング型共振器と二つの開放スタブを用いた急峻な特性を持つローパスフィルタ (LPF) と、その小型化回路を紹介する。

図 1、2 に線路長 l_1 、 l_2 、特性インピーダンス Z_1 、 Z_2 の一般的なリング型回路を示す。ここでリング一周の長さを $l_1 + l_2 = \lambda_0$ とする。 λ_0 は基本周波数 f_0 での波長を表す。この回路の透過係数 S_{12} は $S_{12} = \frac{M}{N}$ と書ける。ただし

$$M = 2 \cdot [Z_1 \cdot \sin(\theta_1) + Z_2 \cdot \sin(\theta_2)] \quad (1)$$

$$N = X + j \cdot Y \quad (2)$$

$$X = T \cdot \sin(\theta_1) \cdot \sin(\theta_2) + \frac{2 - 2 \cos(\theta_1) \cdot \cos(\theta_2)}{Z_1 \cdot Z_2} \quad (3)$$

$$Y = 2 \cdot \left[\frac{\cos(\theta_1) \cdot \sin(\theta_2)}{Z_1} + \frac{\cos(\theta_2) \cdot \sin(\theta_1)}{Z_2} \right] \quad (4)$$

$$\theta_1 = 2\pi \cdot f_n \cdot \frac{l_1}{\lambda_0}, \quad \theta_2 = 2\pi \cdot f_n \cdot \frac{l_2}{\lambda_0}, \quad f_n = \frac{f}{f_0} \quad (5)$$

$$T = \left(\frac{1}{Z_0^2} + \frac{1}{Z_1^2} + \frac{1}{Z_2^2} \right) \quad (6)$$

さらに次式を満足する周波数で減衰極を生じる。

$$A \cdot \sin(B \cdot \theta_1) + \sin(\theta_1) = 0 \quad (7)$$

ここで $A = Z_2 / Z_1$ 、 $B = l_1 / l_2$ 。

図 3 は $B=2$ の時 A の値をパラメータとした周波数特性であり、ローパスフィルタ特性を示す。しかし阻止域の減衰量が少なく、減衰域から通過域への立ち上がりも緩やかで、フィルタとしての特性はあまり良好でない。

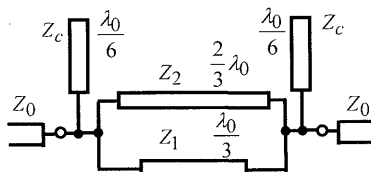


図 4. 開放スタブを用いたリング型回路

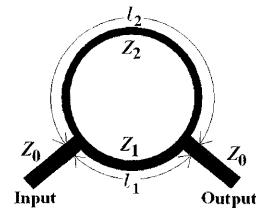


図 1. 一般的なリング型回路

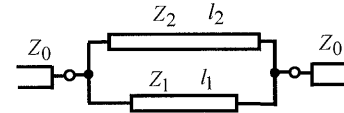


図 2. リング型回路の等価回路

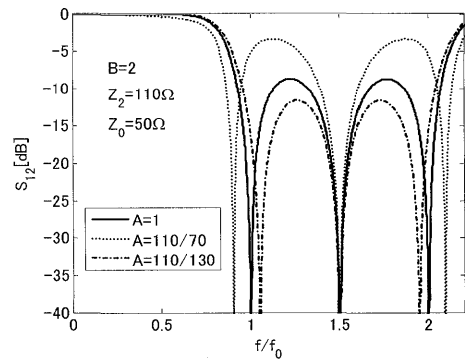


図 3. リング型回路の周波数特性

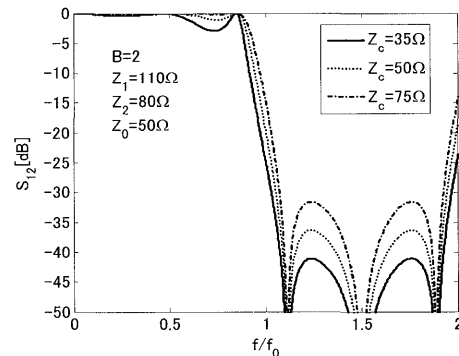


図 5. 開放スタブ付きリング型回路の周波数特性

これを改善するために図4のようにリング型回路の入力端と出力端に特性インピーダンスが Z_c 、長さが $\lambda_0/6$ の終端開放スタブを接続する。図5は $Z_1=110\Omega$ 、 $Z_2=80\Omega$ の場合の Z_c をパラメータとしたときの特性である。

次に小型化した回路を紹介する。

図4で、特性インピーダンスが Z_2 で長さが $2\lambda_0/3$ の線路を、長さが $\lambda_0/3$ の線路(図6(a))を二つ縦続接続したものと見なし、その二つの線路をそれぞれ図6(b)のような両端にスタブを付けた短い伝送路で置き換えることにより小型化が実現される。この方法を用いて小型化したリング型回路の構成を図7に示す。

図8は、各線路の特性インピーダンスの値を $Z_1=130\Omega$ 、 $Z_2=90\Omega$ 、 $Z_w=50\Omega$ に選んだときの小型化回路とそれに対応する小型化前の回路($Z_c=79.4118\Omega$)の特性比較を示す。

図8から分かるように、小型化回路の減衰域の最小減衰量と通過域の最大減衰量が元回路より劣化しているが、元回路より急峻な特性と広帯域性を示した。

本研究の妥当性を確認するため、 $Z_1=130\Omega$ 、 $Z_2=90\Omega$ 、 $Z_w=50\Omega$ の時の回路試作を行った。使用した基板の比誘電率は2.6、厚さは0.986mm、銅箔の厚さは0.018mm。図9は回路写真を示す。図10には測定結果と理論結果の比較を示す。理論と実験結果がよく一致している。

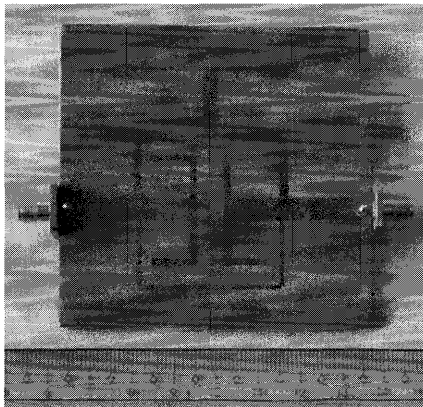


図9. 回路写真

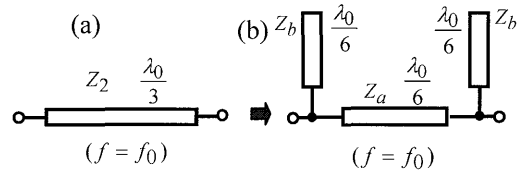


図6. 伝送路等価変換

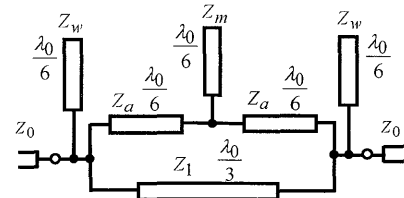


図7. 小型化リング型回路

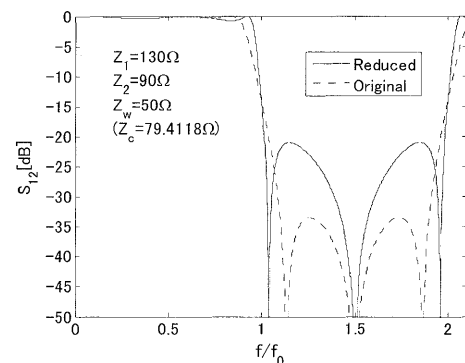
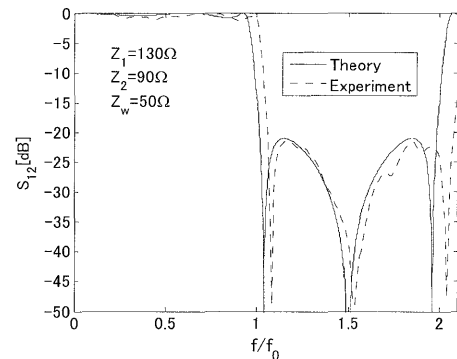
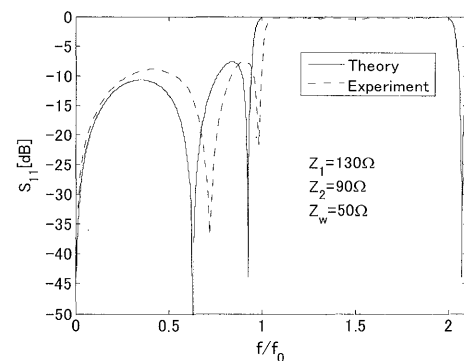


図8. 小型化前後の回路の特性比較



(a) 透過特性



(b) 反射特性

図10. 測定結果と理論値の比較